

– слабой чувствительностью человеческого глаза к незначительным изменениям цветов изображения, его яркости, контрастности, содержанию в нем шума, искажениям вблизи контуров.

Кроме того, изображение характеризуется кодовой, межэлементной и визуальной избыточностью данных. Названные характерные особенности изображения позволяют осуществлять их эффективное кодирование (сжатие). В работе предлагается способ маскирования посредством реализации зонального кодирования с использованием линейных спектральных преобразований. Зональное кодирование основано на концепции теории информации о количестве информации как мере неопределенности. Коэффициенты преобразования с максимальными дисперсиями содержат максимум информации и, следовательно, должны сохраняться в процессе кодирования. Остальные спектральные коэффициенты приравниваются к нулю. Маскирующая функция коэффициентов преобразования, удовлетворяющая заданной зоне фильтрации коэффициентов, определяется как

$$\gamma_{u,v} = \begin{cases} 0, & g_{u,v} < l \\ 1 & \text{в остальных случаях} \end{cases}, \forall u, v \in \mathbb{Z}^+, 0 \leq u, v \leq N-1,$$

где  $g_{u,v}$  – функция двумерного преобразования размерностью  $N \times N$ ,  $u, v$  – индексы дискретных изображений в Фурье-области в направлениях пространственных переменных  $u, v$ .

Пространственная зона с соответствующими координатами, в которую вводится дополнительная информация в преобразованный фрагмент, определяется двумерной функцией  $diag \sigma^2$  распределения дисперсий коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП). Ядро ДКП описывается множеством базисных векторов

$$\varphi_0 n = \frac{1}{\sqrt{N}}, n = 0, 1, 2, \dots, N-1, \varphi_v n = \sqrt{\frac{2}{N}} \cos \frac{2n+1}{2N} v\pi, n = 0, 1, 2, \dots, N-1, v = 1, 2, \dots, N-1.$$

Функция, задающая зону внедрения дополнительной информации, вычисляется по формуле

$$diag \sigma^2 = diag K_C \otimes diag K_R,$$

где  $diag K_C$  и  $diag K_R$  ковариационные матрицы соответственно столбцов и строк ДКП.

Ниже представлены некоторые экспериментальные результаты. На рис. 1 слева приведено исходное полутоновое изображение размером  $512 \times 512$  пикселей. В центре показаны ДКП-спектры фрагментов размером  $8 \times 8$ . Первоначально изображение разбивалось на блоки, которые затем и подвергались ДКП. Яркие регулярные точки соответствуют коэффициентам ДКП с максимальными значениями дисперсий. На рис. 1 справа показано восстановленное изображение после обратного ДКП. В процессе эксперимента в зону фильтрации было внедрено 40 дополнительных информационных бит. Как видно, процесс изменения спектрального образа маскирующего изображения не внес заметных искажений в изображение.



Рис. 1 – Стеганографическое преобразование изображения

## АЛГОРИТМ РАЗЛОЖЕНИЯ НЕВЫПУКЛЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ НА ВЫПУКЛЫЕ МЕТОДОМ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНОК

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Пенязь А. Е.

Лашкевич Е. М. – м-р техн. наук, ассистент

Для обработки сложных многоугольников часто бывает необходимо предварительно разбить их на набор выпуклых. В данной работе предлагается алгоритм разбиения невыпуклого многоугольника на выпуклые методом оценок разбиений. При этом алгоритм не добавляет новых точек к исходному многоугольнику и имеет небольшую вычислительную сложность.

Для упрощения алгоритмов, работающих с многоугольниками, имеет смысл разбивать невыпуклый многоугольник на набор выпуклых. Это может быть полезно для алгоритмов рендеринга графики или

симуляции физики. Так, двухмерный физический движок box2d работает только с выпуклыми многоугольниками. Чтобы использовать в симуляции невыпуклые тела, нужно их составлять из выпуклых. Кроме того алгоритмы упрощаются, если заранее известно направление обхода точек - по часовой стрелке или против.

Алгоритм определяет направление обхода точек и перестраивает их так, чтобы обходить их против часовой стрелки. Так же результирующие многоугольники имеют направление обхода против часовой стрелки.

В целях оптимизации алгоритм избегает рекурсии. На вход поступает набор точек, который сразу заносится в ячейку результирующего массива. На каждой итерации алгоритма вызывается метод, который может разбить многоугольник из массива на два новых, если он невыпуклый. Если многоугольник разбивается, то первый многоугольник замещает исходный в массиве, а второй добавляется в конец. Если многоугольник не разбивается то обрабатывается следующий элемент массива. Таким образом все полигоны, которые имеют индекс меньше текущего, являются выпуклыми. Когда алгоритм доходит до конца массива, то массив содержит только выпуклые многоугольники.

Сначала требуется определить направление обхода точек. Для этого находим самую низкую точку на фигуре и вычисляем углы исходящих из неё соединений. Так как точка является самой низкой, то соединения могут быть направлены только вверх. Сравнивая углы соединений можно определить направление обхода многоугольника. Если направление по часовой стрелке - инвертируем массив точек, чтобы сделать направление против часовой стрелки.

Проходим по всем точкам и находим вогнутые. Считаем для каждой точки угол (0-180) и находим точку с самым острым углом. Назовём её начальной.

Затем для выбранной точки перебираем все возможные соединения. При этом проверяется, имеет ли соединение пересечения с многоугольником и лежит ли соединение вне полигона. Такие соединения выбрасываются из рассмотрения.

В результате останется хотя бы одно возможное соединение начальной точки с конечной.

Далее оцениваются все возможные соединения начальной точки с конечной. Для этого создаётся массив с оценками. Оценка состоит из результирующего балла и длины соединения.

100 баллов прибавляется тем соединениям, которые не образуют новых невыпуклых углов около начальной точки. Так же 100 баллов прибавляется тем соединениям, не образуют новых невыпуклых углов около конечной точки. Таким образом соединение, которое образует углы меньше 180 градусов получает 200 баллов.

Так же соединение получает дополнительных 10 баллов, если оно соединяет только вогнутые точки.

Для того чтобы избежать слишком вытянутых треугольников соединениям начисляется штраф если после разбиения получаются слишком острые углы. Штраф считается для каждого угла по следующей формуле:

$$f = \max((1 - a) * 5, 0),$$

где  $a$  - оцениваемый угол в радианах,  $f$  - штраф

Таким образом, максимальный штраф за острый угол стремится к 5. Максимальный суммарный штраф за три угла - к 15 (у начальной точки только один результирующий угол может быть острым, так как она вогнутая). Данный критерий оценки может в некоторых случаях увеличивать количество результирующих многоугольников, однако практически всегда делает результат визуально лучше.

Далее начисляются баллы за длину соединения. Для этого вычисляются длины всех соединений, и находится максимальная длина. Оценка за длину вычисляется как:

$$S_l = (1 - l/l_{\max}) * 10,$$

где  $S_l$  - оценка за длину,  $l_{\max}$  - максимальная длина соединения,  $l$  - длина текущего соединения.

Таким образом, максимальная оценка за длину стремится к 10 для наиболее коротких соединений.

Затем находится суммарная оценка, и многоугольник разбивается соединением, имеющим максимальную оценку.

Очевидно, что первостепенное значение имеет то, сколько невыпуклых углов удалось убрать. Соединения, которые не образуют невыпуклых углов, имеют наивысший приоритет, имея 200 баллов. Затем с учётом расстояний и образуемых соединением углов среди этих соединений выбирается оптимальное.

Результаты работы алгоритма представлены на рисунке 1.

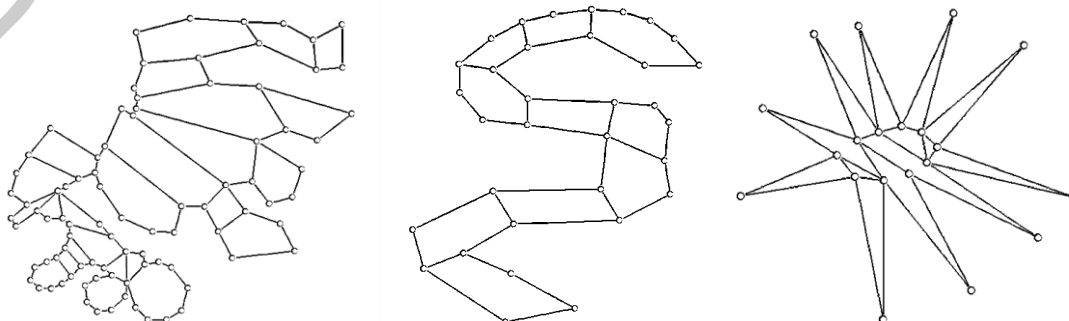


Рис. 1. – Примеры разбиений невыпуклых многоугольников, полученные с помощью разработанного алгоритма

Как видно из рисунка 1 алгоритм хорошо справляется со сложными и вытянутыми многоугольниками, однако в случае "звездообразных" многоугольников разбиение не самое оптимальное, так как алгоритм стремится в первую очередь соединить противоположные вершины, потому что такие соединения не дают новых невыпуклых углов, и не учитывает дальнейшие возможные разбиения.

Ни рисунке 2 показано разбиение многоугольника в сравнении с некоторыми альтернативными алгоритмами.

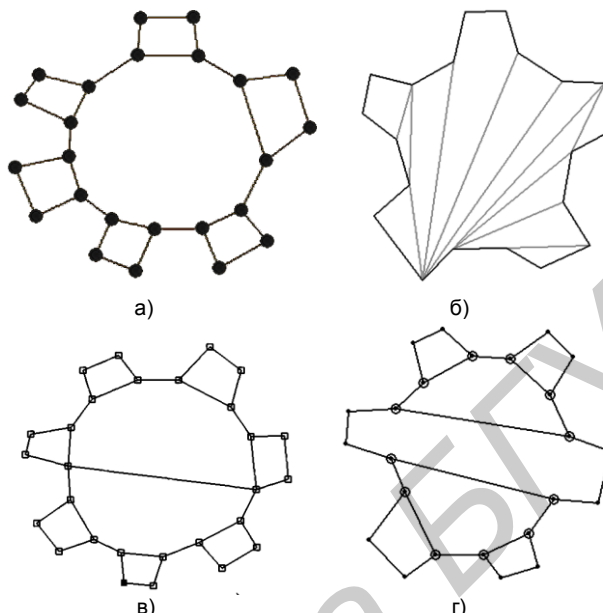


Рис. 2. – Различные алгоритмы разбиения: а) Алгоритм предложенный в данной статье; б) Ушной метод (Ear clipping) с последующим объединением треугольников (ewjordan); в) Mark Bayazit; г) Mark Keil.

Предложенный алгоритм не всегда даёт оптимальный результат, в отличие от алгоритма, который предложил Mark Keil [1], так как он не перебирает все возможные варианты разбиений, а лишь оценивает текущий, однако это делает его вычислительную сложность меньше. В отличие от алгоритма, который предложил Mark Bayazit [2], данный алгоритм не создаёт новых точек.

Данный алгоритм можно улучшить, если добавить штраф за соединения, проходящие очень близко к другим точкам, так как такие соединения часто ограничивают возможность последующих соединений, что приводит к сильно вытянутым треугольникам.

Так же можно уменьшить количество результирующих многоугольников, если проверять, можно ли соединить какие-либо многоугольники с соседними таким образом, чтобы результирующий многоугольник был выпуклый.

Таким образом, был разработан алгоритм, который разбивает невыпуклые многоугольники на набор выпуклых. Алгоритм обеспечивает довольно качественный и часто оптимальный вариант разбиения, при этом не перебирая все возможные варианты, что положительно сказывается на его вычислительной сложности.

Список использованных источников:

1. J. Mark Keil, Jack Snoeyink: On the time bound for convex decomposition of simple polygons. CCCG 1998
2. Mark Bayazit's Algorithm [Электронный ресурс]: A set of algorithms used for decomposing polygons – Электронные данные. – Режим доступа: <http://mnbayazit.com/406/bayazit>

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОПТИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Печень Т. М.

Прудник А. М. – канд. техн. наук, доцент

Аппаратура для наблюдения в ходе оптической разведки постоянно пополняется новейшими разработками. Визуально-оптический канал утечки информации становится более уязвимым для съема информации. В данной работе рассмотрены основные информационные технологии, используемые в оптической разведке.

Оптическая разведка – это совокупность действий, направленных на получение информации с помощью различных оптических средств, которые позволяют осуществить прием электромагнитных волн